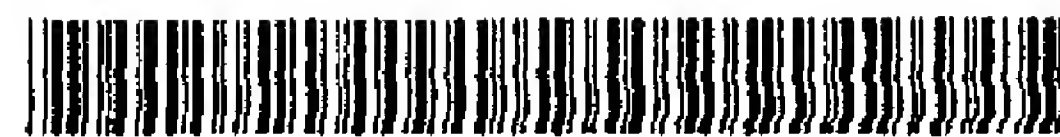


OSP 16373



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 196 04 701 C 1

⑥① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 02 P 7/44  
H 02 P 1/50  
H 02 P 6/00

②① Aktenzeichen: 196 04 701.3-32  
②② Anmeldetag: 9. 2. 98  
④③ Offenlegungstag: —  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 12. 6. 97

DE 196 04 701 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③⑩ Innere Priorität: ③② ③③ ③①  
27.11.95 DE 195441834

⑦③ Patentinhaber:  
Sieb & Meyer Elektronik GmbH, 21339 Lüneburg, DE

⑦④ Vertreter:  
Vonnemann, G., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 20099  
Hamburg

⑦② Erfinder:  
Meyer, Johannes, 21339 Lüneburg, DE; Schröter,  
Gerhard, 21339 Lüneburg, DE

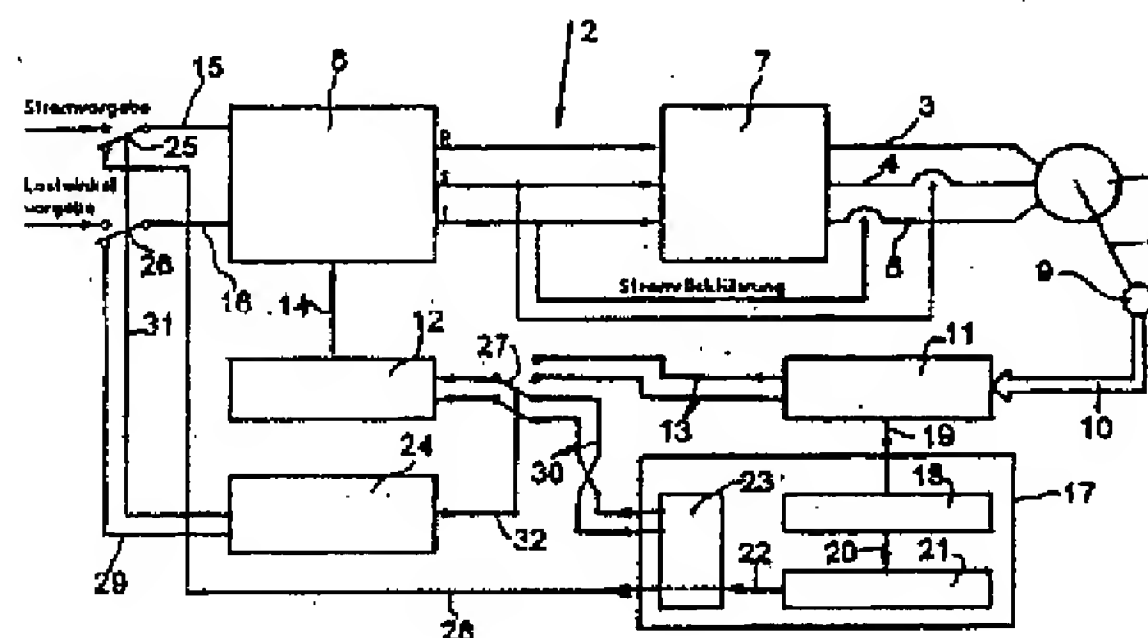
⑥⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

US 47 46 850  
EP 2 28 535 A1

BACKHAUS, REINOLD, KALKER: »A Procedure to  
Estimate the Absolute Position....« in  
EPE-Konferenzbericht, Florenz, 1991, Bd.3,  
S.659-663;

⑤④ Verfahren zur Bestimmung der Anfangs-Rotorlage eines Synchronmotors

⑤⑦ Bei einer Servoantriebsvorrichtung mit einem in linearer oder rotativer Bauweise ausgeführten elektrischen Synchronmotor (1) mit einem beweglichen Läufer und einem festen Stator, wobei entweder der Läufer oder der Stator dreiphasige Drehstromwicklungen und das jeweils andere Bauteil ein Erregerfeld aufweist, und mit einer Steuerelektronik (2), die dreiphasige elektrische Ströme für die Drehstromwicklungen zur Erzeugung eines periodischen elektromagnetischen Wanderfeldes oder Drehfeldes von vorwählbarer Stärke und Frequenz liefert, kann bei der Inbetriebnahme das Wander- oder Drehfeld mit dem Erregerfeld erfindungsgemäß dadurch ruckfrei eingephaset werden, daß ein mit der Steuerelektronik (2) in Verbindung stehender Kraft- oder Drehmomentsensor (9) zum Erfassen von am Läufer auftretenden Kräften oder Drehmomenten vorgesehen ist, und daß die Steuerelektronik (2) zum Einphasen des Wander- oder Drehfeldes mit dem Erregerfeld einen Regelkreis aufweist, der beim Auftreten von Kräften oder Drehmomenten am Läufer den Feldvektor des Wander- oder Drehfeldes in Richtung einer Phasenlage gegenüber dem Erregerfeld verschiebt bzw. dreht, bei der die Kraft oder das Drehmoment verschwindet.



DE 196 04 701 C 1

Die Erfindung betrifft Verfahren zur Bestimmung der Anfangslage eines Rotors bzw. Läufers eines in linearer oder rotativer Bauweise ausgeführten mehrphasigen Synchronmotors oder Reluktanzmotors, der von einem Frequenzumrichter gespeist wird, wobei dem Motor ein Teststrom mit vorgegebener Stromvektor-Phasenlage aufgeprägt und das daraus resultierende Drehmoment bzw. die Kraft bestimmt wird. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

In Positioniereinrichtungen mit elektronisch gesteuerten Servoantrieben werden in zunehmendem Maße Synchronmotoren verwendet. Auch Reluktanzmotoren kommen zum Einsatz. Das gilt gleichermaßen für rotative und lineare Bauformen. Bei Synchronmotoren besteht aber im Gegensatz zu Gleichstrom- und Asynchronmotoren eine feste Beziehung zwischen der Lage des Läufers in Bezug auf den Stator und der Phasenlage des elektromagnetischen Wander- oder Drehfeldes. Beim Einschalten des Servoantriebs wird der in einer undefinierten Stellung befindliche Läufer unter Umständen ruckartig in die vom elektromagnetischen Wander- oder Drehfeld vorgegebene Stellung gebracht ("eingephast"), wobei der mechanische Ruck in Handhabungseinrichtungen zu Schäden an Maschinen oder Werkstücken führen kann.

Aus der US 47 46 850 ist ein Verfahren zum Erfassen der Läufer-Ruhelage eines Synchronmotors bekannt, bei dem ein hochfrequenter Teststrom in die Erregerwicklung eingespeist und die dadurch induzierten Spannungen in den Ständer-Phasenwicklungen gemessen wird. Aus deren Verhältnis wird die Ruhelage des Läufers bestimmt.

Bei einem ähnlichen Verfahren, das aus der EP 228 535 A1 bekannt ist, wird das hochfrequente Testsignal dem Ständerstrom oder der Ständerspannung aufgeprägt.

Aus dem Artikel von Backhaus, Reinold, Kalker: "A Procedure to Estimate the Absolute Position ..." in: EPE-Konferenzbericht, Florenz, 1991, Band 3, Seiten 659 bis 663, ist ein Verfahren bekannt, bei dem ein in seiner Größe wachsender Teststrom in vorgegebener Phasenlage aufgeprägt wird. Überschreitet das durch ihn hervorgerufene Drehmoment das Gegenmoment, welches sich aus Reibmoment und Lastmoment zusammensetzt, dann wird der Teststrom registriert und abgeschaltet. Um das unbekannte, aber gleichbleibende Gegenmoment zu eliminieren, sind mindestens zwei Messungen bei unterschiedlichen Phasenwinkeln nötig. Aus diesen Messungen kann dann mit Hilfe eines Microcomputers die Ruhelage bestimmt werden. Dieser Vorgang kann bis zu fünf Sekunden dauern.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu verbessern, so daß mit einem geringeren Aufwand als bei bekannten Verfahren eine möglichst schnelle Bestimmung der Anfangslage erzielt wird. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens anzugeben.

Die Lösung der Verfahrensaufgabe besteht darin, daß bei Feststellung eines Drehmoments bzw. einer Kraft die Vektor-Phasenlage des Teststroms in der Richtung gedreht wird, in der das Drehmoment bzw. die Kraft vermindert wird.

In der Praxis kann dieser Vorgang beispielsweise so ablaufen, daß die Steuerelektronik in einen definierten

Grundzustand versetzt wird, der einer definierten Grundstellung der Phasenlage des Wander- oder Drehfeldvektors entspricht, daß die Drehstromwicklung entsprechend der genannten Grundstellung mit im Verhältnis zur Nennstromstärke schwachen, vorzugsweisen von Null ansteigenden, Testströmen versorgt werden, wobei die am Läufer auftretenden Kräfte oder Drehmomente erfaßt werden, und daß die Phasenlage des Wander- oder Drehfeldes verändert wird, bis die Kraft oder das Drehmoment im wesentlichen verschwindet.

Dabei werden die für die Versorgung der Drehstromwicklungen vorgesehenen Ströme von der Steuerelektronik zunächst in bestimmte Verhältnisse zueinander gebracht, die eine erste Phasenlage des Feldvektors festlegen. Wenn nachfolgend die Testströme in dem festgelegten Verhältnis zueinander ansteigen, wird am Läufer ein Ansteigen der Kräfte bzw. Drehmomente auftreten. Sobald diese meßbar sind, kann der nächste Verfahrensschritt, nämlich die Veränderung der Phasenlage in Richtung einer Verkleinerung der Kräfte bzw. Drehmomente, durchgeführt werden.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird die Phasenlage des Wander- oder Drehfeldvektors gegenüber der mechanischen Lage des Motors justiert, ehe nennenswerte Kräfte oder Drehmomente erzeugt werden. Ein ruckartiges Einschwenken des Läufers wird mit Vorteil vermieden. Nach dem Einstudieren kann der Synchronmotor ruckfrei anfahren. Dabei ist der zur Durchführung des Verfahrens erforderliche apparative oder schaltungstechnische Aufwand mit Vorteil sehr viel geringer als beim Stand der Technik. Beispielsweise kann auf die Bereitstellung von hochfrequenten Testströmen oder auf einen zur Auswertung bestimmtem Microcomputer und die erforderliche Software verzichtet werden. Das erfindungsgemäße Verfahren verwendet auch keine aufwendigen Algorithmen, sondern gewinnt aus einem zur Feststellung des Drehmoments dienenden Signal auf einfachste Weise — fast direkt — eine Steuergröße zum Drehen der Vektor-Phasenlage. Dabei wird — im Unterschied zum Stand der Technik — der Lastwinkel Null durch Verändern der Strom-Phasenlage aufgesucht.

Das Verfahren kann noch dadurch verbessert werden, daß aus dem Verhältnis der Stärke der Kraft oder des Drehmoments zur Stärke des Teststroms der Lastwinkel bestimmt und die Phasenlage des Wander- oder Drehfeldes bei großem Lastwinkel schneller und bei kleinem Lastwinkel langsamer angepaßt wird. Diese Maßnahme macht sich den Umstand zu Nutze, daß die Kraft bzw. das Drehmoment ungefähr proportional zur Stromstärke multipliziert mit dem Sinus des Lastwinkels ist. Daraus folgt, daß der Quotient aus der Stärke der Kraft oder des Drehmoments geteilt durch die Stromstärke ungefähr proportional zum Sinus des Lastwinkels, bei kleinen Lastwinkeln also ungefähr proportional zum Lastwinkel selbst ist. Wenn nun der genannte Quotient groß ist, so bedeutet dies einen großen Lastwinkel, der durch eine schnelle Verschiebung des Wanderfeldes bzw. eine schnelle Drehung des Drehfeldes schnell verkleinert wird. Bei einem kleinen Lastwinkel hingegen wird die Phasenlage des Wander- oder Drehfeldes langsamer angepaßt. Durch diese Strategie erhält man insgesamt eine relativ schnelle Einregelung mit hoher Genauigkeit.

Die Genauigkeit der Einregelung kann noch dadurch verbessert werden, daß die Stromstärke der Testströme mit kleiner werdender Phasendifferenz erhöht wird, vorzugsweise bis zum Erreichen der Nennstromstärke.



Durch diese Maßnahme wird die Stromstärke vom Lastwinkel abhängig, so daß einerseits bei großen Lastwinkeln eine zu große Kraft bzw. ein zu großes Drehmoment und damit ein Rucken des Läufers nicht befürchtet werden muß, während andererseits bei kleinen Lastwinkeln stets eine meßbare Kraft bzw. ein meßbares Drehmoment vorliegt, womit eine genauere Justierung bis zum Verschwinden des Lastwinkels möglich ist. Bei nahezu verschwindendem Lastwinkel können die Testströme ohne Gefahr bis zum Erreichen der Nennstromstärke gesteigert werden.

In einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß die Steuerelektronik anschließend an eine erste Justierung in einen zweiten Grundzustand versetzt wird, der einer von der ersten Grundstellung der Phasenlage des Wander- oder Drehfeldvektors abweichenden zweiten Grundstellung entspricht, und daß danach alle weiteren Verfahrensschritte wiederholt werden. Durch diese Maßnahme wird sichergestellt, daß auch in dem Fall eines ursprünglichen Lastwinkels von  $180^\circ$  ein sicheres und im wesentlichen ruckfreies Anfahren gewährleistet ist.

Bei einem Lastwinkel von exakt  $180^\circ$  treten nämlich unabhängig von der Stärke der Testströme keine Kräfte oder Drehmomente am Läufer auf. Deshalb führt ein erster Durchgang des Verfahrens in diesem Ausnahmefall nicht zur Anpassung des Lastwinkels. Hier kommt jetzt der zweite Durchgang des Verfahrens zum Zuge, bei dem die Steuerelektronik in einen zweiten Grundzustand versetzt wird, wobei der Wanderbzw. Drehfeldvektor eine von der ersten Grundstellung beispielsweise um  $90^\circ$  abweichende zweite Grundstellung einnimmt. Wenn der Lastwinkel im ersten Durchgang ausnahmsweise bei  $180^\circ$  lag, so ist er beim zweiten Durchgang mit Sicherheit kleiner als  $180^\circ$ . Durch die Wiederholung aller weiteren Verfahrensschritte erfolgt also spätestens im zweiten Durchgang eine Justierung des Lastwinkels, so daß er im wesentlichen verschwindet.

Eine einfach Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens besteht im wesentlichen aus einem Drehmomentsensor oder Kraftsensor und einer ihm nachgeschalteten Zusatzsteuerung für den Frequenzumrichter zur Lieferung des Teststroms mit der vorgegebenen Vektor-Phasenlage.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung ist vorgesehen, daß bei einem elastischen Antriebsverband ein Weggeber oder Drehgeber eines vorhandenen Lagemeßsystems als Kraft- oder Drehmomentsensor dient, indem eine Auslenkung aus einer Ruhestellung zum Erfassen der Kraft oder des Drehmoments am Läufer gemessen wird. In diesem Fall ist kein zusätzlicher Kraft- oder Drehmomentsensor erforderlich. Der bei der Servoantriebsvorrichtung mit Lagemeßsystem ohnehin vorhandene Weggeber oder Drehgeber mißt einfach eine durch die Kraft bzw. das Drehmoment bedingte geringfügige Auslenkung. Dabei kann sowohl die Verschiebe- bzw. Drehrichtung als auch die Größe der Auslenkung, die ungefähr proportional dem Produkt aus Strom und Sinus des Lastwinkels ist, bestimmt werden. Der Läufer des Synchronmotors wird dabei je nach Größe der Kraft bzw. des Drehmoments mehr oder weniger elastisch ausgelenkt. Diese Maßnahme funktioniert auch in Verbindung mit den üblicherweise verwendeten inkrementalen Weggebern.

Das Anfahren des Synchronmotors wird in zwei Stufen durchgeführt. Zuerst wird gemäß der oben angegebenen Formel das Minimum der Kräfte- bzw. Momentenkurve einjustiert, wobei der zum Antrieb des Syn-

chronmotors erforderliche Lastwinkel zu Null wird. Erst dann wird der für den gesteuerten Betrieb günstigste Lastwinkel eingestellt und Stromstärken für die Drehstromwicklungen vorgegeben, um den Synchronmotor in Bewegung zu setzen.

In Ausgestaltung der Vorrichtung mit inkrementalem Weggeber oder Drehgeber ist vorgesehen, daß die Steuerelektronik einen Inkrementalzähler aufweist, der aus den — gegebenenfalls mittels eines Untersetzers angepaßten — Impulsen des Inkrementalgebers eine digitale Phasenlageinformation bildet, die in einem angeschlossenen Funktionsgenerator in eine zwei- oder mehrphasige Drehstromvorgabe für den Synchronmotor umgewandelt wird. Eine derartige Steuerelektronik arbeitet im wesentlichen digital mit der Folge einer erhöhten Zuverlässigkeit gegenüber Toleranzen und einer erhöhten Genauigkeit und Reproduzierbarkeit des Regelvorgangs.

In einer einfachen Ausgestaltung der Steuerelektronik weist die Zusatzsteuerung einen an den Inkrementalgeber oder Untersetzungszähler angeschlossenen Digital/Analog-Wandler mit einem nachfolgenden analogen Regelverstärker und einem vom Regelverstärker gesteuerten Impulsgenerator auf, der an den Inkrementalzähler Zählimpulse zur Vorgabe der Teststrom-Phasenlage abgibt. Dabei kann eine Veränderung der Phasenlage des Wander- oder Drehfeldes in Abhängigkeit von der am Inkrementalgeber festgestellten Auslenkung, die der Kraft bzw. dem Drehmoment am Läufer entspricht, durch einfaches Eingeben zusätzlicher Zählimpulse in den Inkrementalzähler herbeigeführt werden.

In weiterer Ausgestaltung der Steuerelektronik ist vorgesehen, daß der Regelverstärker eine Stromvorgabe zur Erzeugung der Kraft oder des Drehmoments am Läufer an den Funktionsgenerator abgibt. Der so gebildete Regelkreis regelt die Stromvorgabe in Abhängigkeit von den gemessenen Kräften bzw. Drehmomenten, wodurch diese stets so klein gehalten werden, daß ein unerwünschtes Rucken des Läufers nicht auftreten kann.

Andererseits ist es vorteilhaft, wenn der Regelverstärker die Motorströme bei sinkenden Kräften bzw. Drehmomenten ansteigen und die Impulsfolgefrequenz des Impulsgenerators abfallen läßt. Die Kraft bzw. das Drehmoment sinkt bei Annäherung der Phasenlage des Wander- bzw. Drehfeldvektors an den Vektor des Erregerfeldes bzw. bei Reluktanzmotoren an die Vorzugsrichtung des magnetischen Kreises. Bei sehr kleiner Phasendifferenz ist auch die Kraft bzw. das Drehmoment sehr klein. Um den Lastwinkel exakt auf Null justieren zu können, ist jedoch ein meßbares Drehmoment erforderlich. Um die Abnahme des Drehmoments bei abnehmendem Lastwinkel zu kompensieren, wird daher der Motorstrom erhöht. Gleichzeitig wird die Impulsfolgefrequenz des Impulsgenerators verringert, um die ideale Winkelstellung durch eine langsamere Annäherung exakter einstellen zu können.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnung.

Die einzige Figur zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Servoantriebsvorrichtung in Form eines Blockschaltbildes.

Die dargestellte Servoantriebsvorrichtung weist einen elektrischen Synchronmotor 1 mit einem nicht gezeigten drehbaren Läufer und ebenfalls nicht gezeigten festen Drehstromwicklungen auf, wobei von einer in

Fachkreisen bekannten Anordnung auszugehen ist. Weiterhin umfaßt die Servoantriebsvorrichtung eine Steuerelektronik 2, die praktisch die gesamte schematische Darstellung ausfüllt. Die Steuerelektronik 2 liefert über drei Zuleitungen 3, 4, 5 die elektrischen Ströme für die Drehstromwicklungen zur Erzeugung eines magnetischen Drehfeldes von einstellbarer Stärke und Kreisfrequenz. Die drei genannten Ströme bilden in bekannter Weise ein Drehstrom, d. h. es handelt sich um drei sinusförmige Wechselströme gleicher Frequenz, die zueinander eine Phasenverschiebung von jeweils  $120^\circ$  aufweisen. Der Läufer des Synchronmotors 1 dreht sich synchron mit der Drehstromfrequenz, wobei das am Läufer auftretende Drehmoment einerseits von der Stromstärke und andererseits von dem Lastwinkel, d. h. von der Winkeldifferenz zwischen dem Drehfeldvektor und dem Erregerfeld des Läufers, bei Reluktanzmotoren von der Vorzugsrichtung des magnetischen Kreises, abhängt.

Stromstärke und Kreisfrequenz werden in der Steuerelektronik 2 durch einen Funktionsgenerator 6 vorgegeben, der eine eingegebene digitale Richtungsinformation in drei Vorgaben R, S, T für die drei Komponenten des Drehstroms umwandelt. Dabei benutzt der Funktionsgenerator 6 eine fest vorprogrammierte Sinusfunktion und feste Phasenbeziehungen für die Vorgaben der drei Drehstromkomponenten.

Die drei Stromvorgaben R, S, T werden an eine Leistungseinheit 7 weitergegeben, in der die Ströme für die Drehstromwicklungen des Synchronmotors 1 entsprechend den Vorgaben erzeugt werden. Über die Zuleitungen 3, 4, 5 gelangt der Drehstrom zum Synchronmotor 1.

Der Synchronmotor 1 ist über eine mechanische Verbindung 8 mit einem Inkrementalgeber 9 verbunden. Bei einer Drehung des Synchronmotors 1 erzeugt der Inkrementalgeber 9 Impulse, die über eine Impulsleitung 10 in einen Untersetzungszähler 11 der Steuerelektronik 2 gelangen. Der Untersetzungszähler 11 paßt die Schrittweite des Inkrementalgebers 9 an die Schrittweite eines Inkrementalzählers 12 an, der mit dem Untersetzungszähler 11 über Zählleitungen 13 verbunden ist. Der Inkrementalzähler 12 zählt die vom Untersetzungszähler 11 gelieferten Impulse und bildet daraus eine digitale Drehrichtungsinformation, die über eine Datenleitung 14 in den Funktionsgenerator 6 eingegeben wird. Beim Betrieb des Synchronmotors 1 wird jetzt im Funktionsgenerator 6 die ständig wechselnde Winkelstellung des Läufers berücksichtigt. Weiterhin berücksichtigt der Funktionsgenerator 6 eine Stromvorgabe und eine Lastwinkelvorgabe für den Synchronmotor 1, die über eine Stromvorgabeleitung 15 und eine Lastwinkelvorgabeleitung 16 in den Funktionsgenerator 6 eingegeben werden.

Die Steuerelektronik 2 weist eine Baugruppe 17 auf, die zur Steuerung des Einphasens des Drehfeldes bestimmt ist. Die Baugruppe 17 besteht aus einem Digital/Analog-Wandler 18, der über eine Datenleitung 19 mit dem Untersetzungszähler 11 verbunden ist. Der Ausgang des Digital/Analog-Wandlers 18 ist über eine Signalleitung 20 mit einem Regelverstärker 21 verbunden, an dessen Ausgang ein Regelsignal anliegt, das über eine Steuerleitung 22 in einen Impulsgenerator 23 gelangt.

Für die Synchronisation des Drehfeldes mit der Stellung des Läufers wird die Steuerelektronik 2 in einen besonderen Betriebszustand versetzt. Für diesen Zweck weist die Steuerelektronik 2 eine Ablaufsteuerungsein-

heit 24 auf, die zur Betätigung von drei Umschaltern 25, 26, 27 dient. Mit einem ersten Umschalter 25 wird die Stromvorgabeleitung 15 von der externen Stromvorgabe auf eine interne Stromvorgabeleitung 28 geschaltet, die mit der Baugruppe 17 verbunden ist. Über den zweiten Umschalter 26 wird die zum Funktionsgenerator 6 führende Lastwinkelvorgabeleitung 16 mit einer internen Lastwinkelvorgabeleitung 29 verbunden, die zur Ablaufsteuerungseinheit 24 führt. Der dritte Umschalter 27 verbindet den Inkrementalzähler 12 im Normalbetrieb über die Zählleitungen 13 mit dem Untersetzungszähler 11 und im Einphasungsbetrieb über Einphasungsleitungen 30 mit dem Impulsgenerator 23. Die Betätigung der Umschalter 25, 26, 27 erfolgt über Umschaltleitungen 31, 32.

Bei Aktivierung der Steuerelektronik wird diese in den Einphasungsmodus geschaltet und die Ablaufsteuerungseinheit 24 bringt die Umschalter 25, 26, 27 in die bildlich dargestellten Stellungen. Gleichzeitig gibt die Ablaufsteuerungseinheit 24 über die Lastwinkelvorgabeleitung 29 eine Winkelvorgabe für den Drehfeldvektor in den Funktionsgenerator 6 ein. Wenn am Läufer des Synchronmotors 1 ein Drehmoment erzeugt wird, gelangen Impulse vom Inkrementalgeber 9 über den Untersetzungszähler 11 in den Analog/Digital-Wandler 18 und von dort in den Regelverstärker 21, der über ein Steuersignal 22 den Impulsgenerator 23 zur Abgabe von Impulsen an den Inkrementalzähler 12 veranlaßt. Der Inkrementalzähler 12 erzeugt an seinem Ausgang digitale Richtungsdaten, die über die Datenleitung 14 in den Funktionsgenerator 6 gelangen, der aufgrund dieser Richtungsdaten die Drehstromvorgaben R, S, T entsprechend einer Drehung des Drehfeldvektors verändert. Das so gedrehte magnetische Drehfeld ruft jetzt ein kleineres Drehmoment am Läufer hervor, so daß aufgrund der Elastizität im Antriebsverband über den Inkrementalgeber 9 und den Untersetzungszähler 11 eine kleinere Auslenkung mittels Datenleitung 19 in den Digital/Analog-Wandler 18 eingegeben wird. Der Regelverstärker 21 reagiert auf die geänderte Auslenkungsinformation, indem er über die Steuerleitung 22 sowohl die Stromvorgabe in der Stromvorgabeleitung 28 erhöht, als auch eine geringere Zahl von Zählimpulsen über die Einphasungsleitungen 30 an den Inkrementalzähler 12 abgibt.

Nachdem das gemessene Drehmoment — gegebenenfalls bis auf einen unwesentlichen Rest — endgültig abgesunken ist, ist der erste Durchgang beendet. Im zweiten Durchgang wird die Regelung noch einmal mit einer anderen Winkelvorgabe für die Grundstellung des Drehfeldvektors wiederholt. Danach schaltet die Ablaufsteuerungseinheit 24 die Umschalter 25, 26, 27 in ihre Normalbetriebsstellung und der Synchronmotor 1 kann unter Vorgabe des Stroms und des Lastwinkels angefahren werden.

Eine entsprechend angepaßte Servoantriebsvorrichtung mit Steuerungsverfahren kann auch zum ruckfreien oder ruckarmen Anfahren bzw. Inbetriebnahme eines Linearmotors verwendet werden. Voraussetzung ist lediglich eine feste Beziehung (Synchronisierung) zwischen einem Erregerfeld, beispielsweise einem periodischen Dipolfeld eines ortsfesten Stators, und einem durch mehrphasige Ströme verschiebbaren Wanderfeld, beispielsweise einem Drehstromfeld eines linear beweglichen Läufers. Die auf den rotierenden Drehstrommotor bezogenen Begriffe sind in diesem Fall gegen entsprechende Begriffe des Linearmotors auszutauschen.



## Bezugszeichenliste

1 Synchronmotor	
2 Steuerelektronik	
3 Zuleitung	5
4 Zuleitung	
5 Zuleitung	
6 Funktionsgenerator	
7 Leistungseinheit	
8 mechanische Verbindung	10
9 Inkrementalgeber	
10 Impulsleitung	
11 Untersetzungszähler	
12 Inkrementalzähler	
13 Zählleitungen	15
14 Datenleitung	
15 Stromvorgabeleitung	
16 Lastwinkelvorgabeleitung	
17 Baugruppe	
18 Digital/Analog-Wandler	20
19 Datenleitung	
20 Signalleitung	
21 Regelverstärker	
22 Steuerleitung	
23 Impulsgenerator	25
24 Ablaufsteuerungseinheit	
25 erster Umschalter	
26 zweiter Umschalter	
27 dritter Umschalter	
28 Stromvorgabeleitung	30
29 Lastwinkelvorgabeleitung	
30 Einphasungsleitungen	
31 Umschaltleitung	
32 Umschaltleitung	

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Anfangslage eines Rotors bzw. Läufers eines in linearer oder rotativer Bauweise ausgeführten mehrphasigen Synchronmotors oder Reluktanzmotors, der von einem Frequenzumrichter gespeist wird, wobei dem Motor ein Teststrom mit vorgegebener Stromvektor-Phasenlage aufgeprägt und das daraus resultierende Drehmoment bzw. die Kraft bestimmt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei Feststellung eines Drehmoments bzw. einer Kraft die Vektor-Phasenlage des Teststroms in der Richtung gedreht wird, in der das Drehmoment bzw. die Kraft vermindert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem Verhältnis der Stärke der Kraft oder des Drehmoments zur Stärke des Drehstroms der Lastwinkel bestimmt und die Phasenlage des Wander- oder Drehfeldes bei großem Lastwinkel schneller und bei kleinem Lastwinkel langsamer angepaßt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromstärke der Testströme mit kleiner werdender Phasendifferenz erhöht wird, vorzugsweise bis zum Erreichen der Nennstromstärke.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Steuerelektronik (2) anschließend an den ersten Durchgang in einen zweiten Grundzustand versetzt wird, der einer von der ersten Grundstellung des Wander- oder Drehfeldvektors abweichenden zweiten Grundstellung

entspricht, und daß danach alle weiteren Verfahrensschritte wiederholt werden.

5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen Drehmomentsensor (9) oder Kraftsensor und eine ihm nachgeschaltete Zusatzsteuerung (17) für den Frequenzumrichter zur Lieferung des Teststroms mit der vorgegebenen Vektor-Phasenlage.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem elastischen Antriebsverband ein Weggeber oder Drehgeber (9) eines vorhandenen Lagemeßsystems als Kraft- oder Drehmomentsensor dient, indem eine Auslenkung aus einer Ruhestellung zum Erfassen der Kraft oder des Drehmoments am Läufer gemessen wird.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Weggeber oder Drehgeber als Inkrementalgeber (9) ausgestaltet ist, der Impulse an die Steuerelektronik (2) abgibt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerelektronik (2) einen Inkrementalzähler (12) aufweist, der aus den — gegebenenfalls mittels eines Untersetzungszählers (11) angepaßten — Impulsen des Inkrementalgebers (9) eine digitale Phasenlageinformation bildet, die in einem angeschlossenen Funktionsgenerator (6) in eine zwei- oder mehrphasige Drehstromvorgabe (R, S, T) für den Synchronmotor (1) umgewandelt wird.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzsteuerung (17) einen an den Inkrementalgeber oder Untersetzungszähler (11) angeschlossenen Digital/Analog-Wandler (18) mit einem nachfolgenden analogen Regelverstärker (21) und einem vom Regelverstärker (21) gesteuerten Impulsgenerator (23) aufweist, der an den Inkrementalzähler (12) Zählimpulse zur Vorgabe der Teststrom-Phasenlage abgibt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Regelverstärker (21) eine Stromvorgabe (28) zur Erzeugung der Kraft oder des Drehmoments am Läufer an den Funktionsgenerator (6) abgibt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Regelverstärker (21) die Motorströme bei sinkender Kraft bzw. Drehmoment ansteigen und die Impulsfrequenz des Impulsgenerators (23) abfallen läßt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

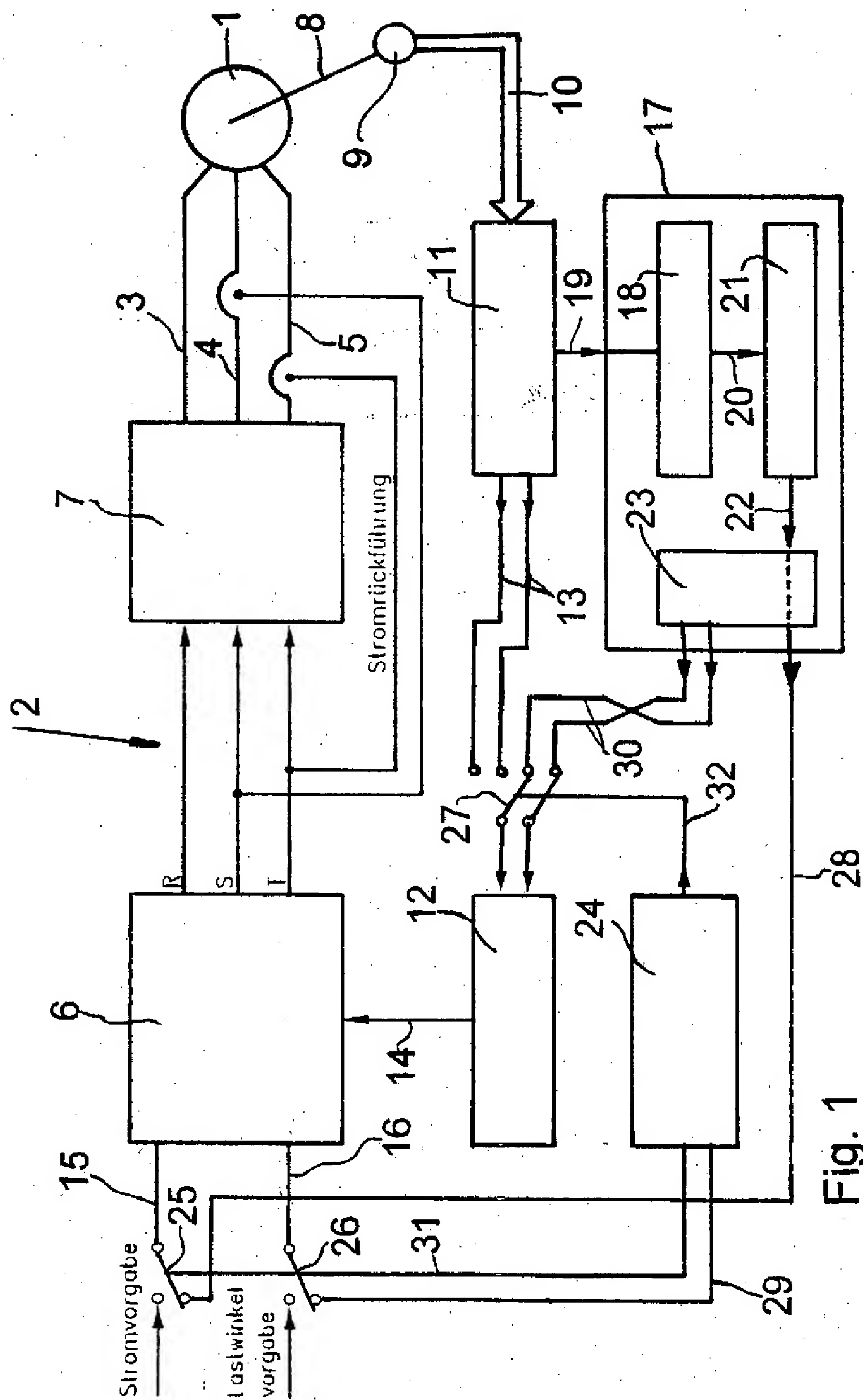


Fig. 1



